平成２年度

信州大学工学部卒業論文

ルーティングサーバを用いたULVANの拡張

情報工学科　　　1854　和崎 克己

目 次

1 はじめに

近年のコンピュータ利用におけるネットワークの需要は増加の一途をたどっている．当研究室で開発，敷設，運営されてきたキャンパスネットワーク，ULVANも敷設から6年が過ぎた．その間に回線のスピードアップなどの性能向上がなされ，回線数も工学部で295回線，松本キャンパスで160回線を数えるまでになった．そして現在も他の学科，学部からネットワーク拡張の要望が出ている．今回，特に要望が強い繊維学部への拡張の検討を行った．

従来までにULVANで行った拡張としては松本地区の拡張がある．この場合は松本地区にも新たなULVANを構築し，工学部，松本地区の2つネットワークを接続するという形で拡張をした．この場合，片方のネットワークから他方の資源を利用する場合は，2つのネットワークの接続回線数がその同時利用数の上限となってしまう．現実の状況としては，工学部，松本キャンパスにはそれぞれ日立製大型計算機のM260，M240がありULVANの主な利用法の遠隔LOGINは，工学部は工学部内，松本は松本内といった閉じたネットワーク内で利用されることが多かった．そのため工学部から松本キャンパス，松本キャンパスから工学部といった利用は余り多くなく，この方法が適用できた．

しかし，今回検討した繊維学部には大型計算機が無いために，その拡張の構成としてはULVANのバックボーンリングの一部を繊維学部までもっていき，クラスタリングを統括するMCCIIを設置する方法が考えられた．しかしこの方法にはリング型ネットワークという事に起因する問題が多く，単純に拡張してしまっては，ネットワークリング全体の信頼性の低下，将来の高速化の阻害などの問題が出てきた．

本研究では，これらの問題を解決するためにルーティングサーバのFMCCII（FilterMCCII）を開発した．そして現在，周辺チャンネルで9600bpsの速度を実現しているターミナルサーバのMCCを高速化を行った．高速化は周辺チャンネルを64Kbpsにし，静止画像など大量データを実用レベルで行えるようにし，ULVANのマルチメディア化を促進させるものである．

2 ULVANの拡張

2.1 ULVANについて

ULVAN（＝United Local Value Added Network）は，実際の端末装置などを接続するMCCと呼ばれる通信制御装置が構成するクラスタリングと，そのクラスタリングをまとめあげるMCCIIと呼ばれる装置が構成するバックボーンリングの2重のリング構造をとっている．

そしてバックボーンリングにはネットワーク全体をコントロールし全周辺チャンネルにサービスを提供するCM–1と呼ばれる装置が接続されている（Figure 1）．

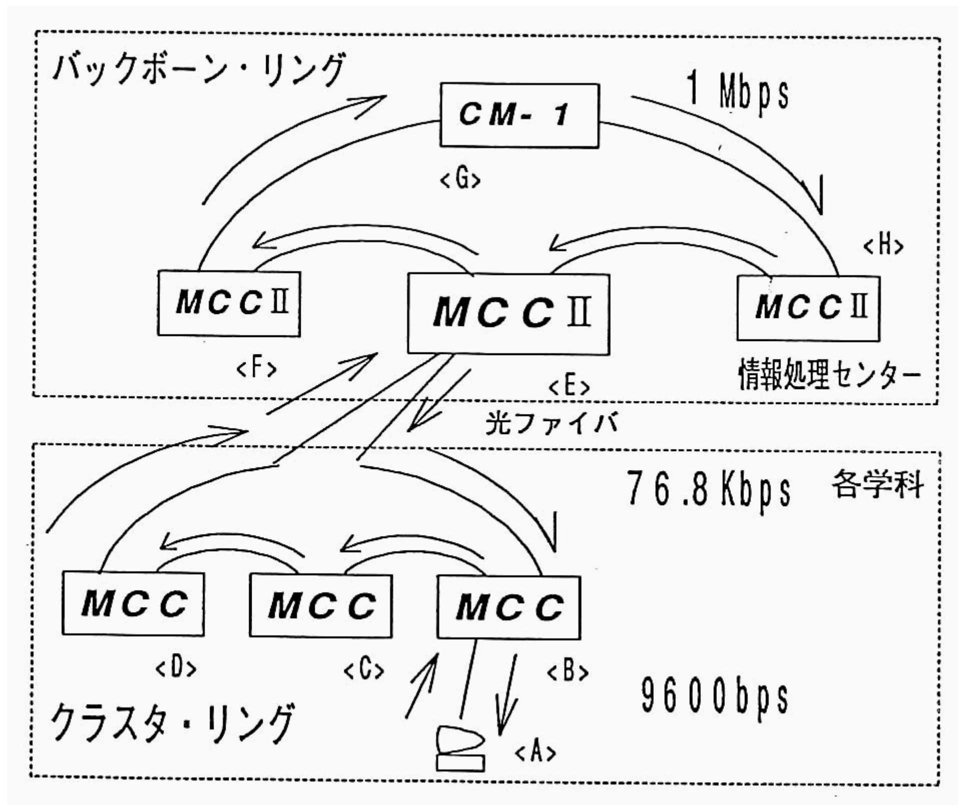


図 1: ULVANの2重リング

ULVANのデータの流れは，端末$< A >$から出たデータは，

端末 $< A >$
MCC $< B >$:パケット化
MCC $< C >$
MCC $< D >$
$MCCII$ $< E >$:ヘッダを更に付加
$MCCII$ $< F >$
$CM - 1$ $< G >$

という流れでCM–1に集められる．逆にCM–1からの返答などのサービスは，

$CM - 1$ $< G >$
$MCCII$ $< H >$
$MCCII$ $< E >$:ヘッダ削除
MCC $< B >$:パケット解体
端末 $< A >$

という流れで端末に返される．全てのULVANのサービスはこのデータの流れで行われる．

2.2 ULVANを構成する装置について

2.2.1 MCC

MCC（= Multi–channel Communication Controller）は，8つの周辺チャンネルと1つのホストチャンネルを持つ通信制御装置である．双方のチャンネルは共に非同期方式で，標準的に周辺チャンネルは9600bps，ホストチャンネルは76.8Kbpsの伝送速度である．周辺チャンネルは最高19200bpsにすることが可能である．基本的に，全ての端末装置類はMCCの周辺チャンネルに接続される．

MCCは各周辺チャンネルからのデータをパケット化しホストチャンネルに送信し，逆にホストチャンネルに受信したパケットを分解し各周辺チャンネルに振り分ける機能を持っている．MCCは各周辺チャンネルにデー

タを受信してないか随時監視し，一定時間バッファリングするとパケット化しホストチャンネルから送信する．また特殊なコード（CR）を受信した場合や，BREAKを受信した場合は即時にパケット化を行いホストチャンネルから送信する．1つのクラスタリングにMCCは最高4台まで接続可能である．前述したように1台のMCCは8つの周辺チャンネルを持っているので，1クラスタリングで最高32の周辺チャンネルを持つことができる（Figure 2）．

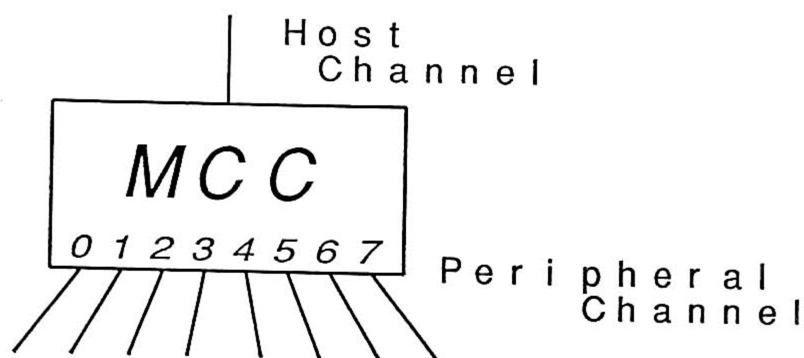


図2: クラスタリング上のMCC

2.2.2 MCCII

MCCIIはMCC同様に8つの周辺チャンネルと1つのホストチャンネルをもつ装置である．双方のチャンネルはやはり共に非同期式で標準的な伝送速度は周辺チャンネルで76.8Kbps，ホストチャンネルで1Mbpsである．その周辺チャンネルにはMCCが構成するクラスタリングが接続される．そしてホストチャンネルにはバックボーンリングが接続される．

MCCIIは周辺チャンネルにMCCからのパケットを受信するとバッファリングし，パケットのENDコードが送られてくると受信したパケットに更にヘッダを付加してホストチャンネルから送信する．逆にホストチャンネルにパケットを受信すると，ヘッダを取り除きMCCのパケットに戻し周辺チャンネルに振り分ける．

現在バックボーンリングには最高4台までのMCCIIを接続することがで

きる．前述したように1台のMCCIIは8つの周辺チャンネルを持つので，バックボーンリングには32個のクラスタリングを接続できることになる．前述した通り1クラスタリングは最大32の周辺チャンネルを持てるので，ネットワーク全体のチャンネル数はクラスタリング数32と1クラスタリングに接続可能なチャンネル数32の積を取り1024チャンネルとなる（Figure 3）.

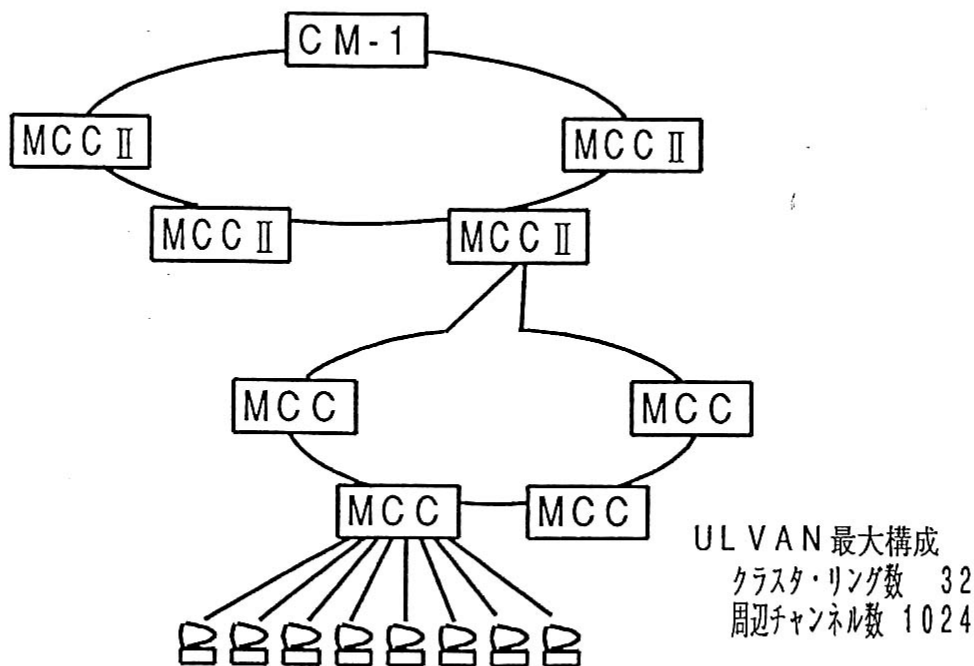


図 3: バックボーンリング上のMCCIIおよびULVANの最大構成

2.3 ULVANのパケット構成

ULVANの，クラスタリングとバックボーンリングの2つのリング内ではそれぞれパケットの形でデータの伝送，交換を行っている．MCCの周辺チャンネルで受信されたデータは，MCCによりヘッダと場合によってはエンドコードを付加されてパケットとなる．クラスタリングを通ってきたそのパケットを受信したMCCIIは，更にヘッダを付加しバックボーンリング

に送出する．MCCで付加されるヘッダのチャンネルを示すビット数が5のため1つのクラスタリング内の周辺チャンネル数は32となり，MCCビット数が5のためバックボーンリングに接続できるクラスタリングは32となる．パケットの構成図をFigure 4に示す.

2.4 ULVANの拡張の方法

ULVANには従来から遠隔地へのいろいろな拡張の方法が考えられてきた．その方法はすべてULVANを他の地区に新たに構築し，ULVANどうしを接続するものであった.

この方法の長所は次のようである.

- 地区ごとに別のネットワークとなるので使用できるチャンネル数が多い
- ネットワークに障害が発生したときにも他の地区に影響を与えない

また，この方法の短所は次のようである.

- 他のネットワーク内の資源を利用するときにはネットワーク間の接続回線数が，同時に利用できる最大回線数になってしまう

ネットワーク間の接続方法によりULVANどうしの接続は次の種類に分けられる.

2.4.1 MCCII周辺レベルでの接続

これは，MCCIIの周辺チャンネルどうしを接続するものである．この方法の特徴は，1つの接続により32チャンネル分の接続が得られる点である．この方法では1つのクラスタリングを2つのネットワークで共有することになる（Figure 5）.

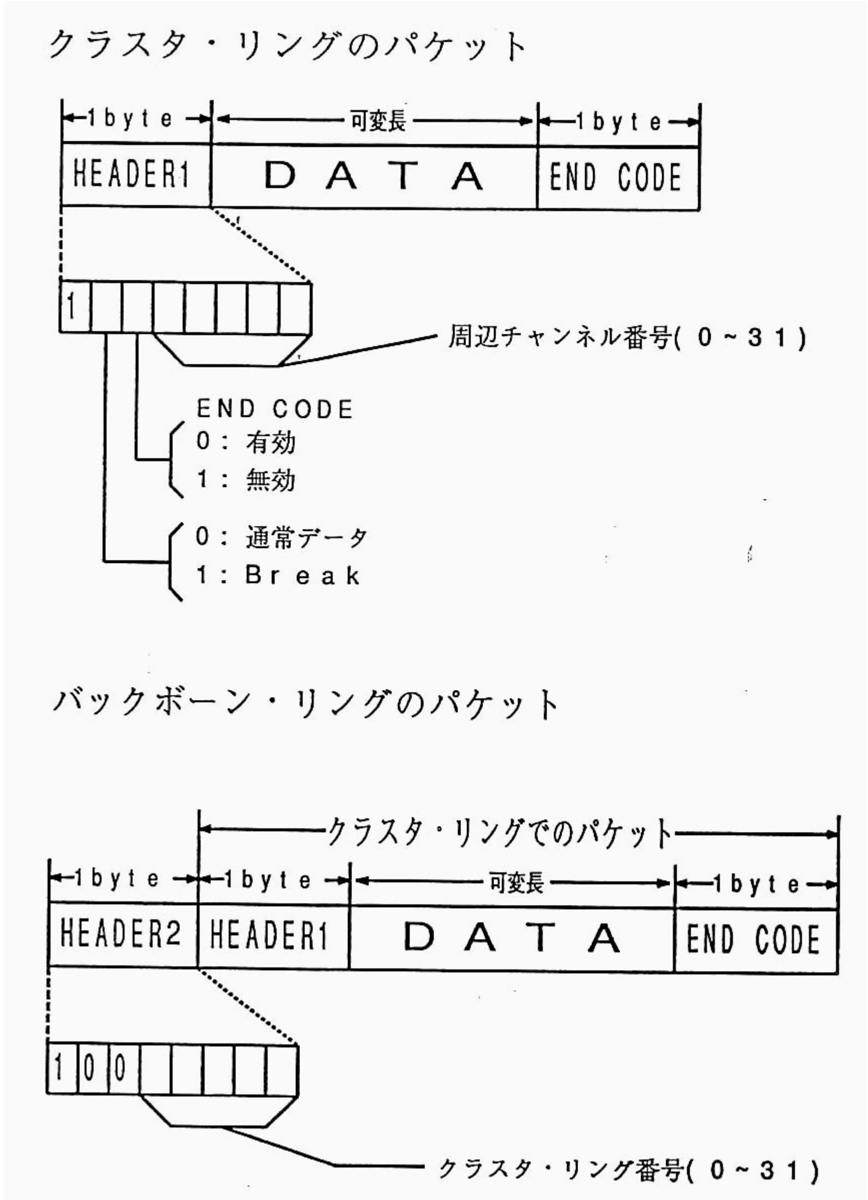


図 4: ULVANのパケット構成

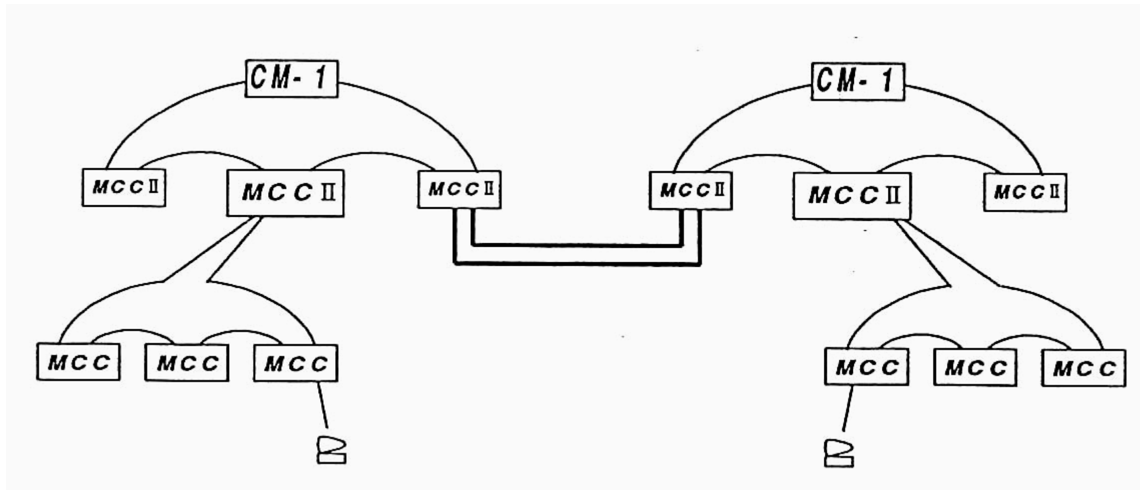


図5: MCCIIレベルでの拡張

2.4.2 MCC周辺レベルでの接続

この方法は，MCCの周辺チャンネルどうしを接続するものである．この方法では，1カ所つなぐと1チャンネル接続したことになる．MCCIIの周辺を接続してしまうと，1つのクラスタリングが接続のために占有されてしまうが，この方法では，接続するチャンネルを選択ができるため自由度が高くなっている（Figure 6）.

2.4.3 MCCの集線機能を利用した接続

この方法は，先の方法と本質的には違いは無い．周辺チャンネルを何本もの回線で結ぶ場合，長距離になると線を引き回すのは経費，労力とも大変な無駄が出てしまう．そこでMCCの集線機能を利用して実際に引き回す線の数を減らしたのがこの方法である（Figure 7）.

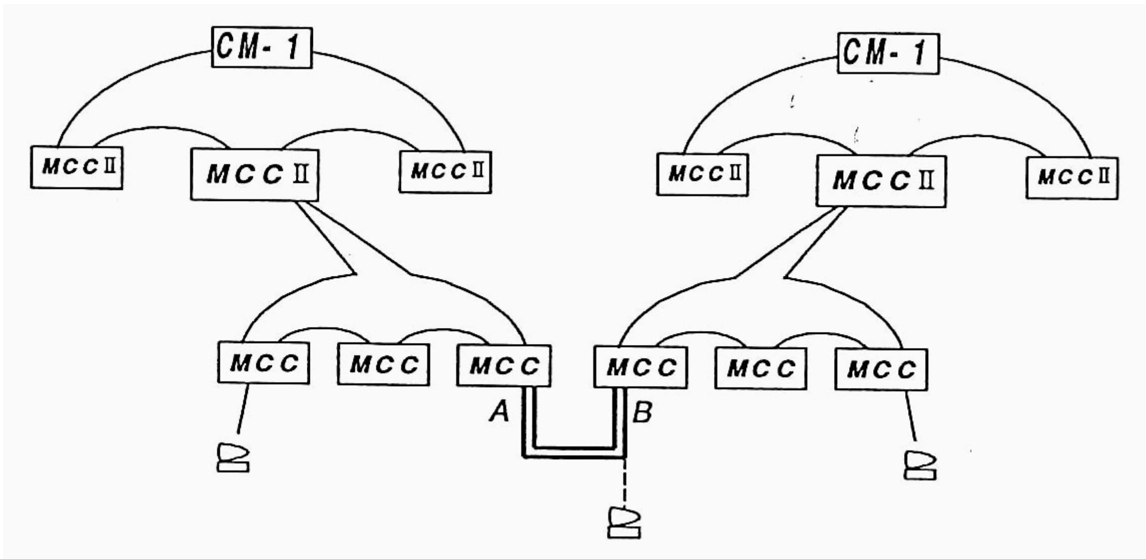


図 6: MCC周辺レベルの接続

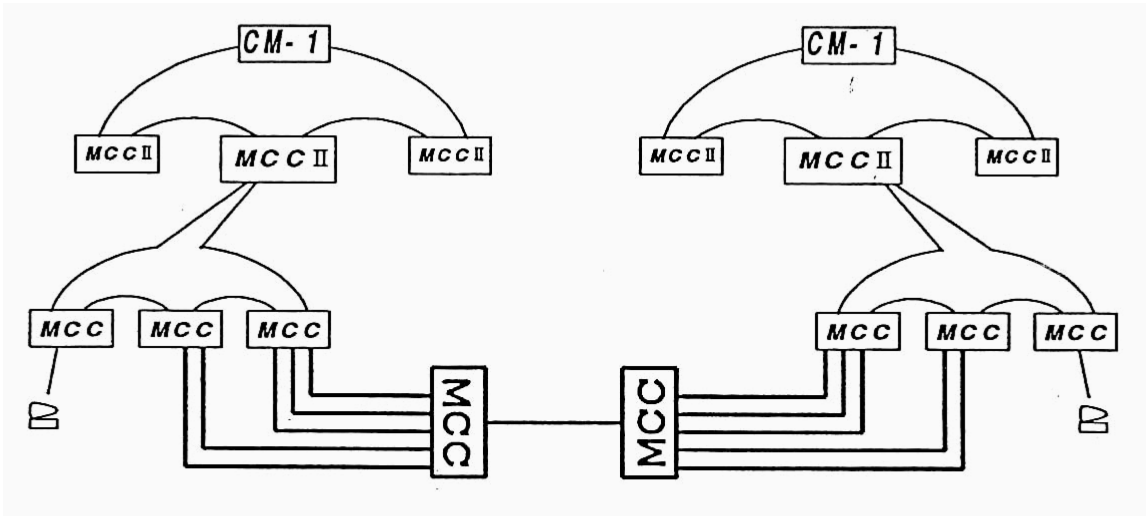


図 7: MCCの集線機能を利用した接続

2.5 松本キャンパスへの拡張例

ULVANでは，今までに松本キャンパスへの拡張を行った．この際に採用した方法は，MCC周辺レベルでの接続である．

実際には，マイクロ回線を使用するための装置なども入り，より複雑である．このときには，クラスタリングを松本まで延ばし，松本キャンパス内で工学部ULVANのMCC松本ULVANのMCCの周辺チャンネルを接続した．マイクロ回線の部分では，当研究室で開発した非同期–X21コンバータを介して，同期方式のX21の規格で64Kbpsのスピードで伝送を行っている（Figure 8）．

松本キャンパスの場合の特徴としては，工学部，松本キャンパスにはそれぞれ日立製コンピュータM260と日立製コンピュータM240があるため，ULVANの利用の多くを占める遠隔LOGINは，各地区の閉じたネットワーク内で利用されることが多い．そのため工学部から松本，松本から工学部へというネットワーク間の接続チャンネルは数チャンネルであるが，相互利用のニーズには対応できている．

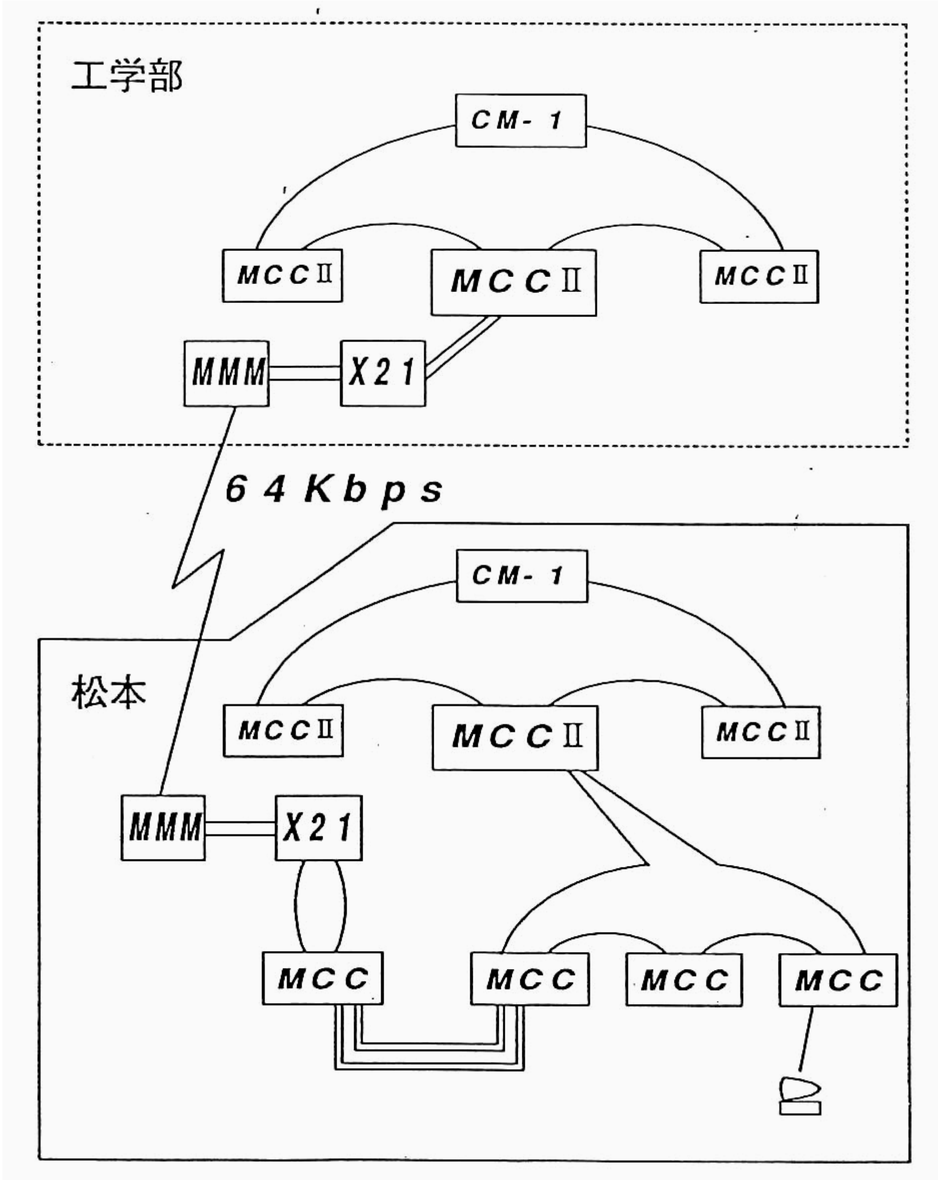


図 8: 松本キャンパスへの拡張例

3 ルーティングサーバを用いた拡張

3.1 バックボーンリングでの拡張

今回検討した繊維学部の場合は松本の場合とは異なっている．繊維学部にはホストとなる大型機が無いため，その利用のほとんどは工学部のM260への遠隔LOGINと考えられる．そのため松本と同じ手法でネットワークを拡張すると，ネットワーク間の接続回線数が同時に利用できる回線数のボトルネックとなってしまう．

そこで繊維学部には新たにネットワークを構築するのではなく，工学部のネットワークの一部とすることにした．こうしてしまえば，繊維学部と工学部は同一ネットワークなので，互いに自由に接続することができる．繊維学部を工学部のネットワークの一部にするといっても，その方法はいくつか考えられる．今回は回線数が必要ということで，バックボーンリングの一部を繊維学部に延ばすことにした．Figure 9がその論理図である．

3.2 バックボーンリング拡張の問題点

この方法では他地区の資源を自由に活用できる長所があるが，以下の問題がある．

(1) **信頼性の問題**
バックボーンリングという1つのリングを長距離にまで延ばし，間にマイクロ回線などの装置を経由するためリング全体としての信頼性が下がってしまう．

(2) **伝送速度の問題**
バックボーンリングを拡張するということはバックボーンリングの一部にマイクロ回線が含まれることになる．バックボーンリングは標準的には1 Mbpsであるので，マイクロ回線の部分も同程度の速度で伝送を行う必要がある．また今回は必要な速度を得られたとしても，今後の高速化のボトルネックとなる可能性がある．

(3) **回線数の問題** 繊維学部にMCCIIを置いたとしても，使用できる回線数は256回線ということになってしまう．

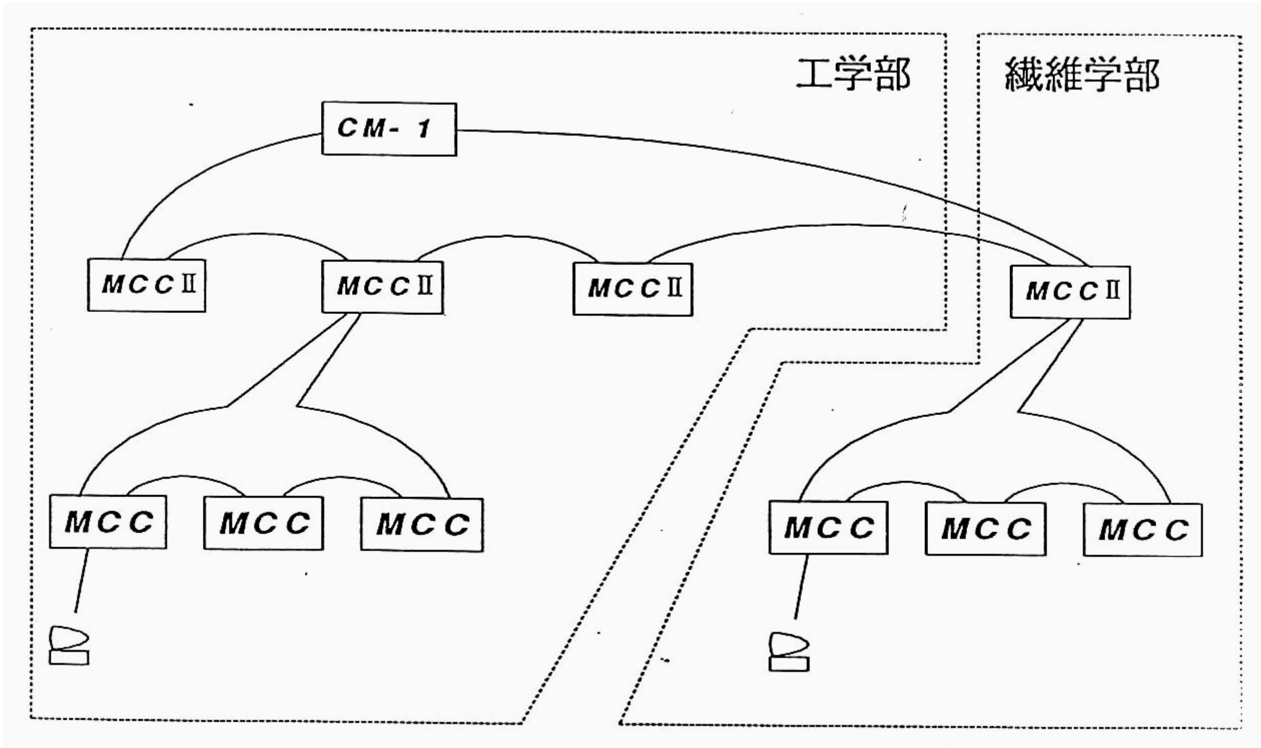


図 9: バックボーンリングの拡張その1

(1)と(2)については，リング型ネットワーク特有の問題であるので，説明を加える．

3.2.1 信頼性

リング型ネットワークでは，そのデータは1つのノードから出ると，次々とリングを構成するノードを経て，目的のノードへと送られる．そのために1つのノード，または1つの伝送路に障害が発生しただけでもそこでデータは消失してしまう．特にULVANなどの単方向リングでは，ネットワークの機能を果たせなくなってしまう（Figure 10）．

そのためにリング型ネットワークは，1つの建物内だけでネットワークを構築する場合や，ローカルエリアネットワークのように自由に保守点検できる同一敷地内などの場合は，保守性がよいため安定した利用が期待できるが，離れた場所など点検が容易ではない場所にノードがある場合には，復旧までに多大な時間がかかってしまうことがある．

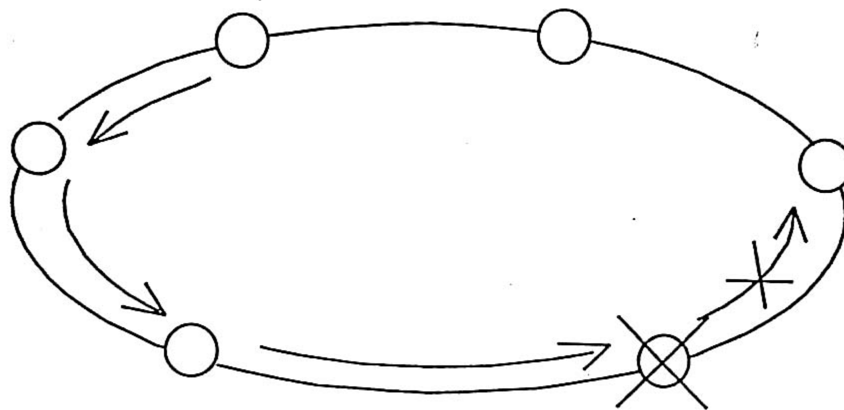


図 10: リング型ネットワークの信頼性

3.2.2 伝送速度

リング型ネットワークのもう1つの短所としてはリング内に一ヶ所でも処理の遅いノードや伝送速度の遅い回線があるとネットワーク全体の速度が低下してしまうというものがある．

Figure 11においてノードAがノードDにデータを送ることを考える．このときノードB，C間で伝送速度が他の回線よりも遅いとする．すると，ノードAで発生し，ノードA，B間を送られてきたデータは，ノードB，C間の伝送速度が遅いためにノードCに蓄積されてしまう．ノードC，D間はまた伝送速度の速い回線となるが，ノードCに送られてくるデータ量はノードB，C間の伝送速度で決められてしまうために，ノードCでデータ待ちになってしまう．これにより，ネットワーク全体の伝送速度は，最も遅い伝送路の影響を強く受けることになる．

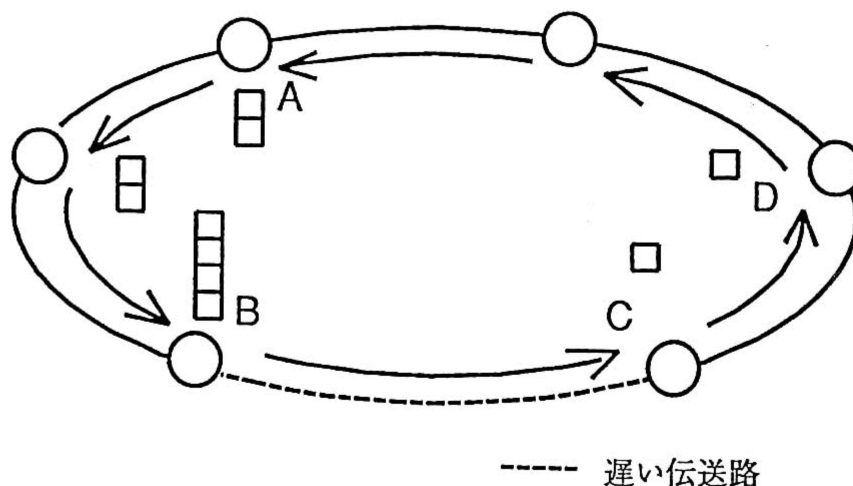


図 11: リング型ネットワークの伝送速度の問題

3.3 ルーティングサーバの特徴

これらの問題を解決するために繊維学部のノードを直接工学部のバックボーンリングに入れるのではなく，今回開発したFMCCII（FilterMCCII）

と名付けたルーティングサーバを介して接続をする（Figure 12）.

このFMCCIIは，工学部から受信したパケットで工学部宛のパケットは繊維学部のリングに送信せずにすぐに工学部のバックボーンリングに送信する．これにより，繊維学部のバックボーンリングには，繊維学部宛のパケットと繊維学部から送信されたパケットしか流れないことになり，以下の効果が期待できる.

(1) **信頼性向上**
繊維学部のバックボーンリングには工学部発で工学部宛のパケットは通らないので，繊維学部での障害により工学部のネットワーク全体がダウンすることはなくなる.

(2) **伝送速度の問題の解決**
必要なパケットしかマイクロ回線を通さないので工学部にある回線だけを独自にスピードアップすることが可能である.

3.4 ルーティングサーバの応用

今回開発したルーティングサーバは，遠隔地のノードをリングの中に組み込むことができる．遠隔地が一ヶ所の場合，現実の配線はFigure 13の上段に近くなるが，その考え方としては下段のとおり1つのリングの途中にあるリングの弧の一部をバイパスすると考えることもできる.

このルーティングサーバを用いる場合，その使用は1つのリングに1回というわけではなく，2回，3回と複数回使用できる．これにより，A地区からB地区，C地区というような拡張も可能である（Figure 14）.

また，A地区からB地区，B地区からC地区という拡張も可能である（Figure 15）.

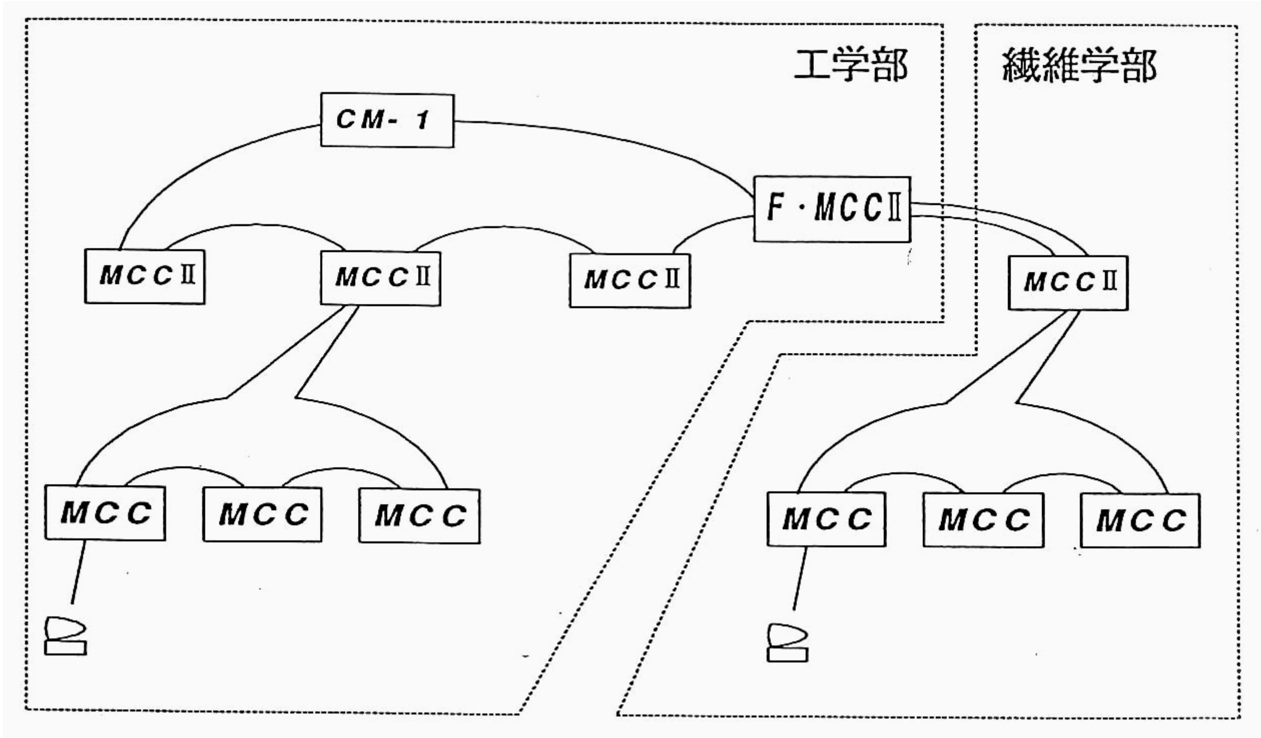


図 12: ルーティングサーバを入れたバックボーンリング

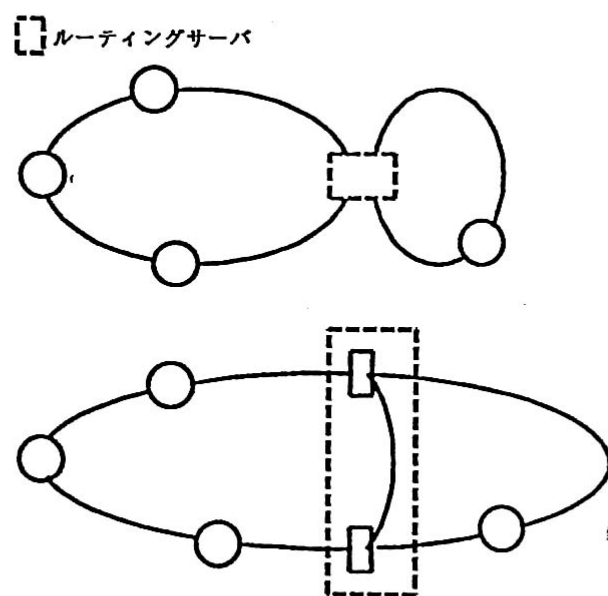


図 13: ルーティングサーバの論理図

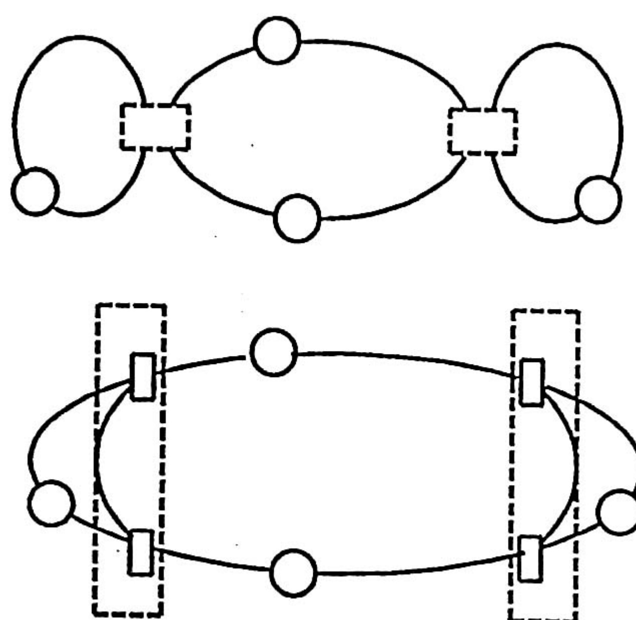


図 14: ルーティングサーバによる拡張例 その1

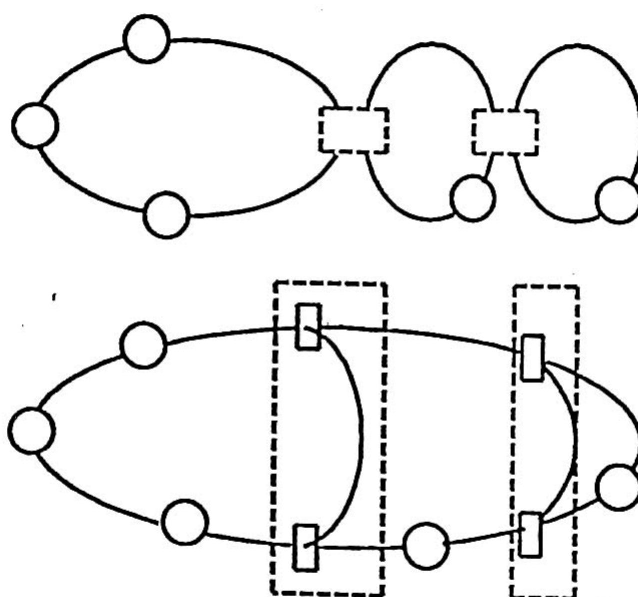


図 15: ルーティングサーバによる拡張例 その2

4 ルーティングサーバFMCCIIのハードウェア

4.1 FMCCIIの特徴

FMCCIIのルーティング機能にオーバーヘッドがあっては，リング全体の伝送速度に影響を与えてしまう．そこでFMCCIIには高速な処理が要求される．そのために以下の高速化手法を取り入れた，

(1) **パケット転送のハードウェア化**
FMCCIIはその内部のパケット転送をハードウェアで高速に行っている．そのためCPUは転送に関してはパケット単位で転送命令を出すだけでよい．

(2) **処理の並列性**
パケットの内部転送は専用のバスを使用しているため，パケットの転送中にもCPUは他の仕事を実行することができる．

(3) **2つのマイクロプロセッサの導入**
パケットの分岐，合流の処理を2つのCPUが独立して行う．

以上のような高速化手法によりFMCCIIのルーティング機能によるオーバーヘッドは全く無くなっている．

4.2 FMCCIIのブロック図

FMCCIIは大きく4つの部分から構成される（Figure 16）．

(1) 工学部リングからのパケット受信
(2) 工学部リングへのパケット送信
(3) 繊維学部リングからのパケット受信
(4) 繊維学部リングへのパケット送信

このうち，(1)(4)の機能はCPU1が，(2)(3)の機能はCPU2が行う．

CPU1はパケットの分岐を行うCPUである．CPU1は工学部リングからのパケットを受信すると，ヘッダを解析し工学部宛のパケットは工学部リング宛の内部バッファへ転送し，繊維学部宛のパケットは繊維学部宛の内部バッファへ転送する．

CPU2はパケットの合流を行うCPUである．CPU2は工学部リングから受信したパケットが蓄えられる内部バッファ，または繊維学部リングから受信したパケットが蓄えられる内部バッファにデータが入ると工学部リングへの送信を行う.

4.3 繊維学部の場合の接続例

実際に繊維学部にネットワークを接続するにあたり，工学部，繊維学部間のマイクロ回線の部分では当研究室で製作されたマイクロ回線とのインターフェースをしようすることになる．このインターフェースを利用することによりマイクロ回線を1.544Mbpsの速度で利用することが可能になる．そのため現在のULVANのバックボーンリングの転送速度1Mbpsを損なうことなく接続できる．Figure 17はこれらの装置を含んだ実際の接続図である

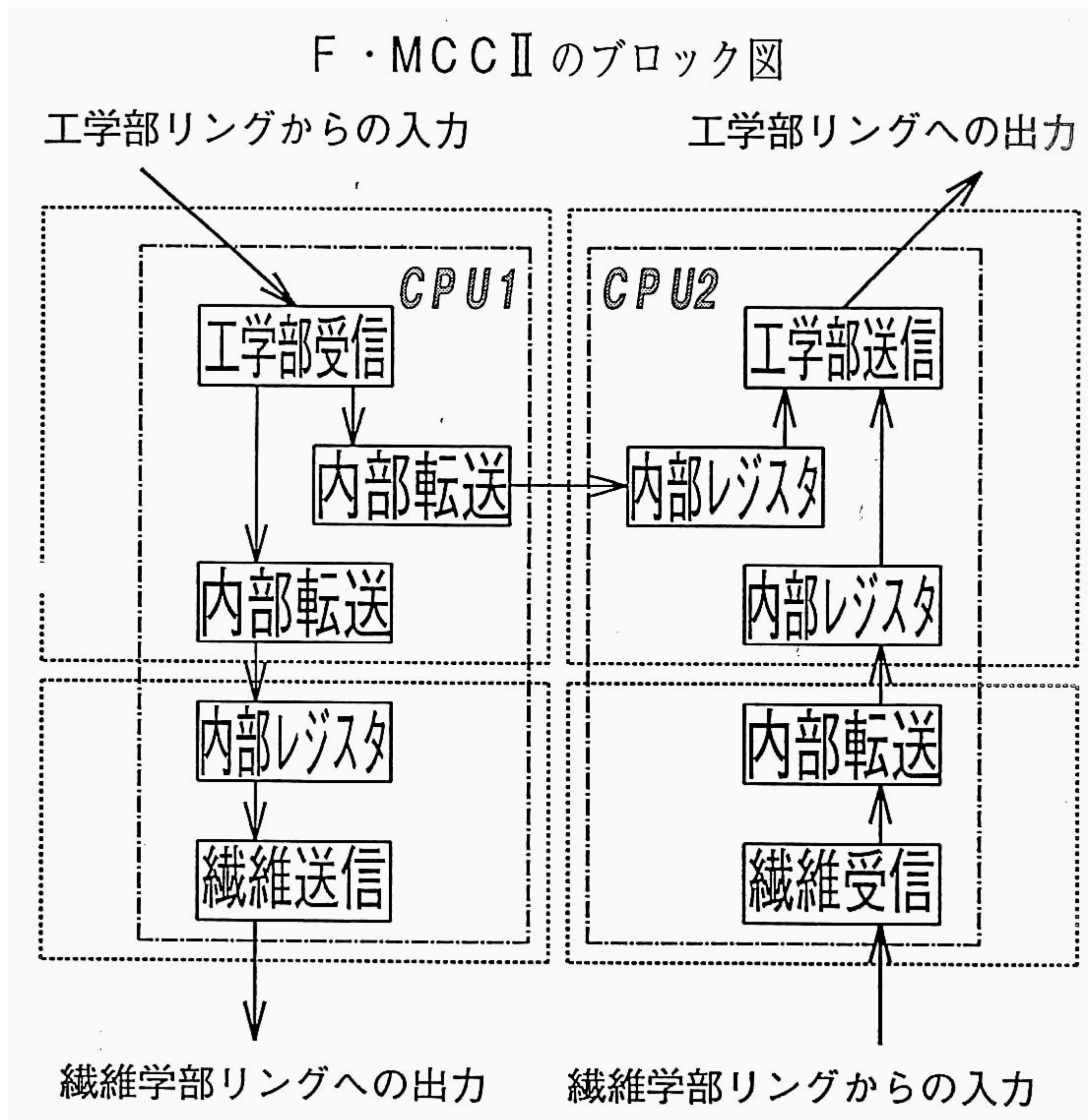


図 16: FMCCIIの機能ブロック図

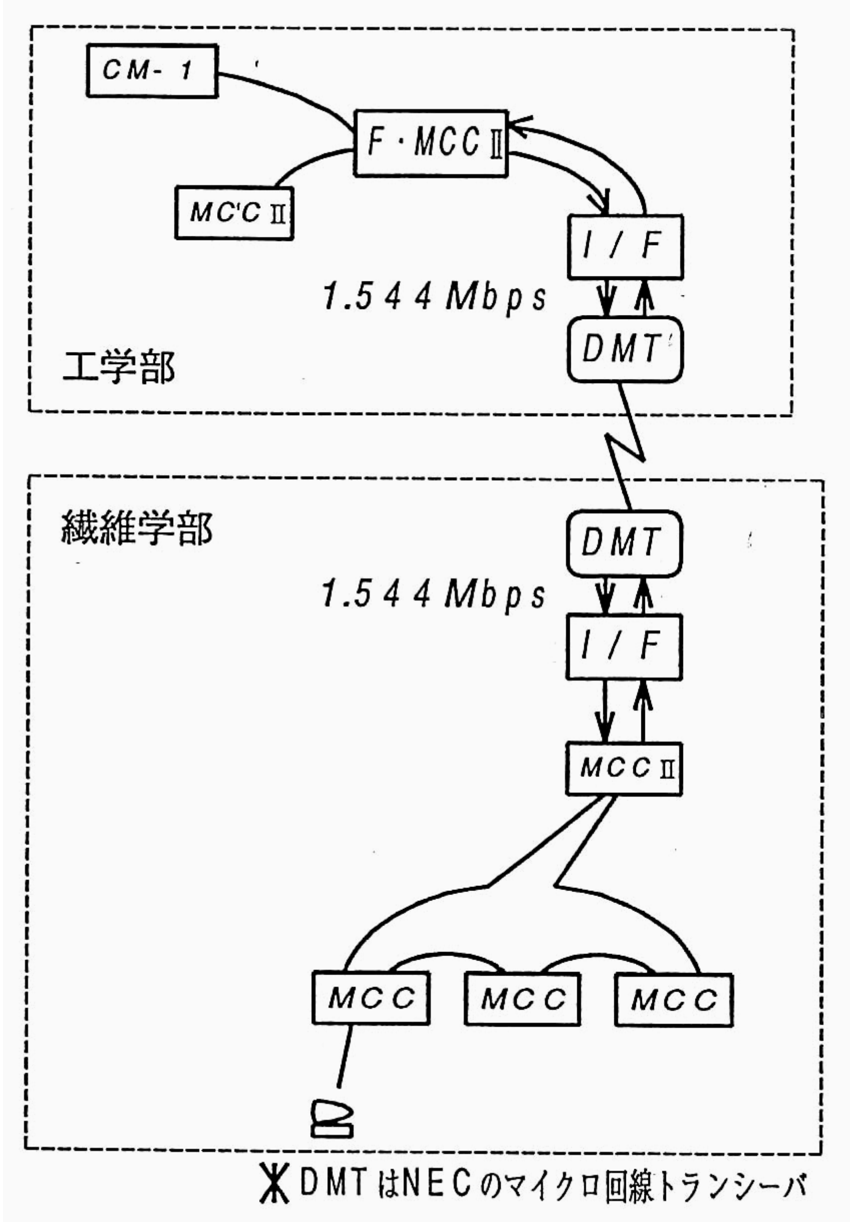


図 17: マイクロ回線I/Fを入れた接続図

5 MCCの64Kbps化について

5.1 MCCの64Kbps化の意義と特徴

現在，ターミナルサーバMCCでは周辺チャンネルは非同期方式で伝送速度が最高19200bpsとなっている．この速度では，TSS端末としての利用では十分な速度と言えるが，画像データなどの大量のデータ転送するためには，実用的なレベルとはとても言えないものである．

今回開発した高速版MCCでは周辺チャンネルは同期方式で伝送速度が64Kbpsとなり，静止画像の転送を実用レベルで実現しULVANのマルチメディア化を促進するものである．特徴としては同期方式を取り入れたため，64Kbpsという高速伝送でありながら，広く普及しているパーソナルコンピュータにハードウェアの拡張無しに接続できることである．この高速化MCCはホストチャンネルが307.2Kbpsで1チャンネル，周辺チャンネルは，64Kbpsで8チャンネルという構成を取る（Figure 18）．

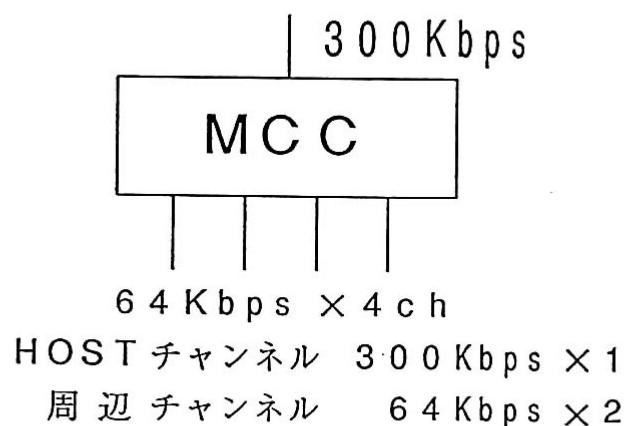


図 18: クラスタリング上の高速版MCC

5.2 高速版MCCの周辺チャンネルハードウェア

Figure 19に示すのが高速版MCCの周辺チャンネルのブロック図である．CPUの負荷を減らすために順序回路によりFIFOメモリを用いた送受信バッファを構成し，同期確立のためのSYNCキャラクタの検出，同期ずれの検出を容易にするためのハードウェアを持っている．また，SYNCキャラクタの除去を完全にハードウェアで行っている．

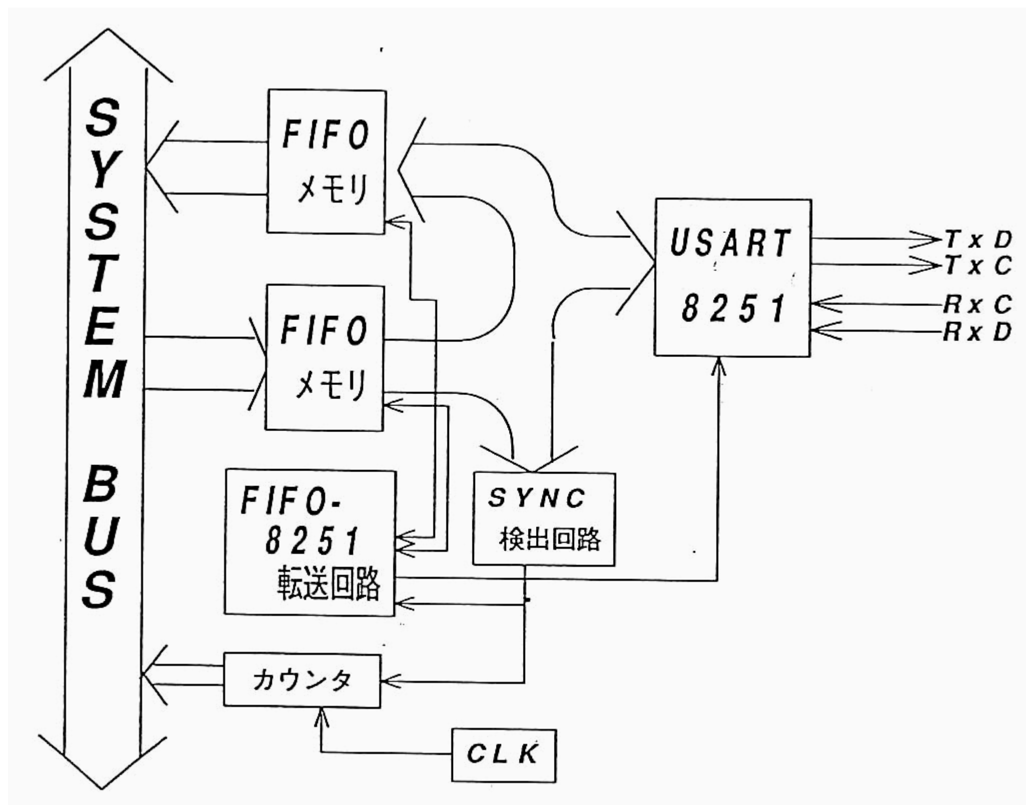


図 19: 周辺チャンネルの機能ブロック図

6 本研究のまとめ

6.1 ルーティングサーバについて

今回開発したルーティングサーバにより，リング型のコンピュータネットワークをより複雑なトポロジーに適用させた．その結果，リング型ネットワークを長距離に敷設する場合に信頼性の低下を防ぎ，また地域的な拡張，性能向上も可能とした．この方法によりいくつかの遠隔地にある端末装置類をリング型ネットワークの中に同等に加えることができ，またネットワーク全体としての信頼性を向上させることができる．

ルーティングサーバ自身の処理能力としては，1Mbyte/secすなわち8Mbpsであり，バックボーンリングは1Mbpsであるので十分な処理能力を持っている．今後の課題としては，今回開発したFMCCIIを実際の環境の中で試験していくことが必要なことが挙げられる．

6.2 ULVANチャンネル拡張について

今回開発したルーティングサーバにより，遠隔地の端末を同じリングの中に入れ，同等に扱うことが可能になった．こうなると，同一リング内により多くの端末の接続要望がでてくる．このとき問題になるのが，1ネットワークにおける最大回線数である．

現在，ULVANでは最高で1024の周辺チャンネルを扱えるが現在工学部で295チャンネル使用され，クラスタリング数では最大数32のうち20が使用されている．現在，当研究室ではULVANのチャンネル数を増やす計画があり，そのためのハードウェア開発も行っている．論理的には，チャンネルを識別するヘッダを拡張することになるが，この方法が実現するとチャンネル数は現在のヘッダ内10bit（1024チャンネル）から，24bit（16777216チャンネル）に拡張される（Figure 20）．

6.3 MCCの高速化について

ULVANに接続される全ての端末などの機器はMCCの周辺チャンネルに接続される．よって，MCCの高速化はULVANの使用の可能性を広げるこ

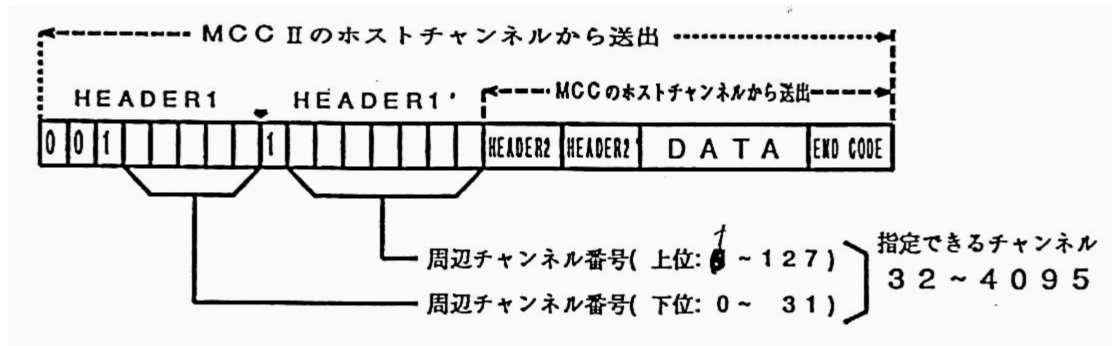


図 20: パケットヘッダの拡張

とになる．今回の64Kbps化は，静止画の伝送をはじめとする，大量データ伝送をサポートするものであり，既存のパーソナルコンピュータにハードウェアの拡張無しに接続できるものとしては，ほぼ限界に近いものである．

現在のところMCCIIに直接接続しているが，将来的に64Kbpsが普及すると現行のMCCIIでは，回線容量が足りなくなる恐れがある．今後の課題としては，CM–1，MCCIIの更なる高速化があげられる．

参考文献

[1] 中村，不破 : “A Simple Programming Method of State Transition Diagrams for Parallel Processings” , JOURNAL OF INFORMATION PROCESSING , Vol.5 , No.3 , pp.148–154 (1982)

[2] 不破，中村，中沢，三井 : “FMSのための簡易プログラミング法” , 第28回自動制御連合公演会 , pp.297–298 (1985)

[3] 水野 : “無手順LANの高速化について” , 昭和61年度 信州大学大学院修士論文 (1987)

[4] 清水 : “ULVANの高速化とマイクロ回線によるブリッジについて” , 昭和62年度 信州大学大学院修士論文 (1988)

[5] 新村 : “M系列を利用した統合デジタルネットワーク” , 平成元年度 信州大学大学院修士論文 (1990)

[6] 相浦 : “リング形ネットワークにおけるルーティング・サーバについて” , 平成2年度 信州大学大学院修士論文 (1991)

[7] “信州大学画像情報ネットワークシステム7GHz中容量ディジタル多重無線装置取扱説明書 第2版” , NEC 日本電気株式会社 , 昭和62年7月 (1988)

謝辞

本研究を進めるにあたって多岐に渡る御指導を賜りました中村八束教授に厚く御礼申し上げます．

公私に渡って御協力，御助言，御指導頂きました不破泰先生及び江口正義先生に感謝いたします．そして，つたないわたしを助けてくれた堀内美恵子さんと情報基礎講座の皆さんに感謝いたします．

本研究の回路製作を含め，並行して進めた研究の全般にわたって，新村正明さん，相浦広国さんの指導をいただきました．また，ULVANの運営や保守にあたっては，ネットワーク研究グループの皆さんの協力をいただきました．そのほか様々な面で協力下さった皆様を含め，この場を借りてお礼申し上げます．